

## **PEMBUATAN BAHAN SENSOR MEDAN MAGNET Ag-Fe DAN ANALISIS RESISTIVITASNYA**

Oleh:

Edi Istiyono FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta  
Sumartono Prawirosusanto FMIPA Universitas Gadjah Mada

### **INTISARI**

Industri instrumentasi nasional memerlukan bahan penunjang yang memiliki sifat listrik dan magnet baik yang masih diimport. Salah satu bahan tersebut sensor alat ukur medan magnet yang berupa lapisan magnetik. Dalam penelitian ini diharapkan diperoleh bahan lapisan magnetik yang mempunyai resistans jenis kecil sehingga memenuhi syarat sebagai sensor.

Cuplikan dalam penelitian ini adalah lapisan tipis Ag-Fe yang diperoleh dengan metode implantasi ion, yakni perak yang diimplantasi ion besi dengan memvariasi dosis ion dari  $1.5 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup> sampai  $9.0 \times 10^{17}$  ions/cm<sup>2</sup> dan tenaga dari 40 keV sampai 100 keV. Cuplikan diuji resistans jenisnya dengan metode kuar (*probe*) empat titik.

Dari hasil analisis data diperoleh bahwa bahan sensor medan magnet Ag-Fe hasil imlantasi ion memiliki resistans jenis minimum sebesar of  $(16.7 \pm 3) \times 10^{-9} \Omega\text{m}$  dicapai pada dosis  $6.0 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup>, tenaga 100 keV dan suhu sepuh-lindap 300°C.

**Kata kunci :** Implantasi ion, dosis ion, dan resistans jenis

### **ABSTRACT**

The national instrument industries need support materials that have good electrical and magnetic properties. One is for sensor to measure magnetic field, i.e: magnetic layer. The experiment is to find material of magnetic layer that has low resistivity so that fulfil for sensor.

Sample is an Ag-Fe thin film produced by ion implantation: silver implanted by iron ions at various doses from  $1.5 \times 10^{17}$  ions/cm<sup>2</sup> to  $9.0 \times 10^{17}$  ions/cm<sup>2</sup> and energy from 40 keV to 100 keV. Resistivity is determined by four point probe method.

The material of magnetic sensor produced by ion implantation have minimum resistivity of  $(16.7 \pm 3) \times 10^{-9} \Omega\text{m}$  for ion dose of  $6.0 \times 10^{17}$  ions/cm<sup>2</sup>, energy of 100 keV, and annealing temperature of 300°C.

**Keyword:** Ion implantation, anneal, dose, and resistivity

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), bidang elektronika mengalami perkembangan yang cukup pesat. Hal ini ditandai dengan banyak ditemukan alat-alat elektronika dari bahan semikonduktor. Alat-alat yang semula menggunakan tabung dioda digantikan dengan alat dari semikonduktor yang lebih efisien. Dengan ditemukan gejala magnetoresistivitas pada lapisan tipis, maka lapisan tipis dapat digunakan sebagai transistor magnetik (Cregg, 1994). Transistor yang terbuat dari lapisan tipis memiliki kemampuan lebih baik daripada bahan semikonduktor.

Dalam industri instrumen nasional sering diperlukan bahan-bahan penunjang yang mempunyai sifat listrik baik. Salah satu bahan penunjang tersebut sensor yang dipasang pada alat ukur medan magnet. Di samping sebagai transistor magnetik lapisan tipis magnetik dapat digunakan sebagai sensor magnetik (Gregg, 1994). Dengan demikian diharapkan lapisan tipis magnetik dapat digunakan sebagai bahan sensor medan magnet.

Ada beberapa cara membuat lapisan tipis paduan, yaitu: penguapan (*evaporation*), percikan (*sputtering*), dan implantasi ion. Pada penelitian ini akan dipakai teknik implantasi ion. Implantasi ion merupakan suatu cara untuk menyisipkan ion-ion ke dalam bahan dengan jeluk (*depth*) penerobosan ion sangat kecil, sehingga terbentuk paduan antara bahan sasaran dan ion yang ditembakkan dengan ketebalan yang kecil. Teknik ini digunakan karena mempunyai keunggulan: (1) tidak melibatkan besaran panas sehingga bahan tidak mengalami tekanan termal, dengan demikian bahan tidak akan mengalami perubahan dimensi (Sioshansi, 1989); (2) jeluk sisipan dapat dikendalikan dengan mengatur tenaganya; dan (3) proses implantasi berlangsung bersih, karena dilakukan di ruang hampa (Herman, 1981).

Selanjutnya dalam penelitian ini akan diamati pengaruh dosis ion, tenaga, dan suhu sepuh-lindap (*anneal*) terhadap resistans jenis pada lapisan tipis Ag-Fe.

Bertolak dari uraian di depan, permasalahan-permasalahan yang muncul dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh dosis ion, tenaga dan suhu sepuh-lindap terhadap resistans jenis
2. Pada dosis ion, tenaga dan suhu sepuh-lindap berapakah Ag-Fe yang memiliki resistans jenis minimum

## **II. KAJIAN PUSTAKA**

### **Sensor Medan Magnet**

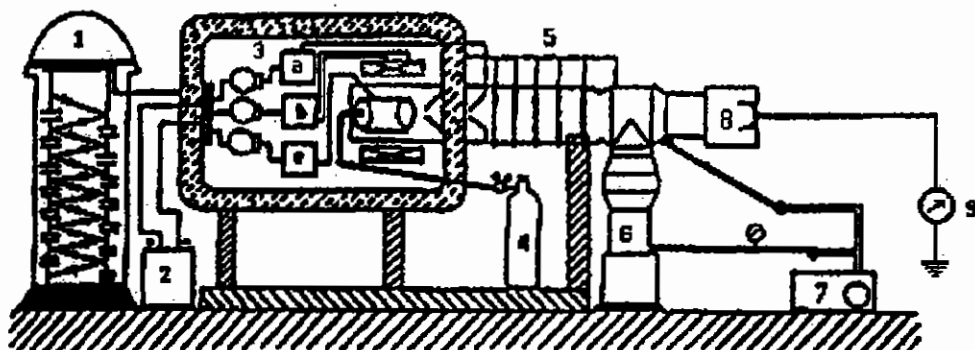
Sensor medan magnet merupakan alat yang dapat mendeteksi besarnya medan magnet yang ada. Sensor medan magnet yang berupa lapisan tipis magnetik Ag-Fe bekerja berdasarkan gejala magnetoresistans. Jika sensor berada dalam medan magnet akan mengalami perubahan resistivitas, sehingga timbul gejala magnetoresistans. Gejala magnetoresistans adalah perubahan resistans akibat perubahan medan magnet yang terpasang (Howson, 1994).

Bahan akan memenuhi syarat sebagai sensor yang baik apabila energi yang terdisipasi akibat dirangkainya sensor pada alat ukur medan magnet adalah kecil. Sedangkan energi yang terdisipasi sebanding dengan resistans jenis (resistivitas) atau berbanding terbalik dengan konduktivitas. Dengan demikian sensor yang baik bila memiliki resistivitas kecil atau konduktivitas besar. Pembuatan lapisan tipis berupa paduan Ag-Fe dilakukan dengan metode implantasi ion.

### **Implantasi ion**

Implantasi ion adalah suatu metode untuk menempatkan atom ke dalam suatu bahan dengan cara: (1) pengionan atom, (2) pemercepatan di dalam medan listrik, dan (3) penembakan ke permukaan bahan (Ryssel and Ruge, 1986).

Sistem implantasi ion pada umumnya terdiri atas dua komponen, yakni: (1) komponen utama: sumber ion, sumber daya tegangan tinggi, sistem hampa, tabung akselerator, kotak sasaran, dan sistem elektronik, (2) komponen tambahan: lensa kuadropol, magnet pembelok, dan penyapu berkas (Dearnaley dkk, 1973).



Gambar 1. Sistem Implantasi Ion

Parameter-parameter yang implantasi ion yang mempengaruhi hasil sesuai yang diinginkan adalah: dosis ion, tenaga, dan jeluk jangkauan ion.

Dosis ion bergantung pada besar arus ion, luas sasaran, dan lama implantasi. Besar dosis didefinisikan sebagai berikut:

$$D = \frac{Q}{eA} = \frac{It}{eA} \quad (1)$$

dengan  $Q$  muatan,  $e$  muatan elektron ( $1,602 \times 10^{-19}$  C),  $I$  arus ion (ampere),  $A$  luas permukaan sasaran ( $\text{cm}^2$ ), dan  $t$  waktu impalantasi (detik)

Jangkauan ion dalam bahan sasaran didefinisikan sebagai jarak total yang ditempuh ion dalam bahan yang dihitung mulai ion masuk ke bahan sasaran sampai ion tersebut berhenti. Jangkauan total ion dalamÅ bahan dinyatakan dengan persamaan (Mayer dkk, 1970):

$$R_t = \frac{60 (Z_i^{2/3} + Z_s^{2/3})^{1/2} (m_i + m_s) m_s}{S Z_i Z_s m_i} E \quad (2)$$

dengan  $Z_i$  dan  $Z_s$  berturut-turut adalah nomor atom ion yang ditembakkan dan bahan sasaran;  $m_i$  dan  $m_s$  adalah massa atom ion yang ditembakkan dan bahan sasaran;  $S$  adalah rapat massa sasaran ( $\text{g/cm}^3$ ); dan  $E$  tenaga ion (keV). Untuk keperluan teknis, didefinisikan jangkauan terproyeksi ( $R_p$ ) yakni jangkauan yang searah dengan arah ion mula-mula (komponen  $R_t$  yang searah dengan arah ion mula-mula).

Sedangkan perbandingan jangkauan total dengan jangkauan terproyeksi dinyatakan dengan persamaan (Deamaley dkk, 1973):

$$\frac{R_t}{R_p} = -\frac{1}{4} \left\{ (5+A) \frac{(1+A)}{2A} \arccos \left( \frac{1-A}{1+A} \right) - 1 - 3A \right\} \quad (3)$$

dengan,  $A = m_e/m_i$ . Persamaan (2) dan (3) berlaku untuk bahan sasaran yang terdiri dari satu unsur, sedangkan untuk bahan paduan yang terdiri dari unsur A dan B, jangkauan ion diberikan oleh persamaan (Mayer dkk, 1970):

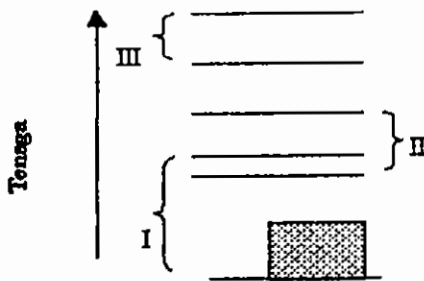
$$R = R_A R_B (\chi_A R_B + \chi_B R_A)^{-1} \quad (4)$$

dengan  $R_A$  dan  $R_B$  jangkauan ion pada unsur A dan B serta  $\chi_A$  dan  $\chi_B$  prosentase unsur A dan B dalam bahan paduan

Tenaga ion saat keluar dari tabung akselerator ditentukan oleh besar tegangan yang digunakan pada tabung akselerator. Makin besar tegangan pada tabung akselerator makin besar tenaga ion. Tenaga ion ini akan berpengaruh pada jangkauan terproyeksi, semakin besar tenaga ionnya akan semakin besar jangkauan terproyeksinya.

Sepuh-lindap (*anneal*) adalah perlakuan termal pada bahan telah rusak yang dapat mengakibatkan pemulihan struktur kristal (rekristalisasi) dan sifat-sifat fisik (Deamaley dkk, 1973). Kelakuan sepuh-lindap pada lapisan terimplantasi bergantung pada dosis ion. Bertambahnya dosis akan diikuti rusak radiasi. Oleh karena itu sepuh-lindap diperlukan untuk menurunkan rusak radiasi (Reyssel dan Ruge, 1986).

Elektron dari atom terisolasi hanya dapat menempati orbital atau aras tenaga tertentu dan diantara berbagai aras terdapat beberapa celah tenaga terlarang. Elektron membentuk gelombang tegak di sekeliling suatu atom.



Gambar 2. Pita tenaga perak

Menurut pengucilan (eksklusi) Pauli suatu aras dapat diisi oleh hanya dua elektron yang mempunyai spin magnetik yang berlawanan. Suatu pita dapat memiliki elektron sebanyak dua kali jumlah atomnya. Seperti pada Gambar 2, pita valensi logam bervalensi satu seperti perak, hanya terisi separuh saja.

Perak adalah logam bervalensi satu, sehingga pita valensi hanya terisi separuh dan di atas pita valensi (pita konduksi) terdapat aras kosong. Aras tenaga yang kosong dalam suatu pita tenaga penting bagi konduksi oleh karena memungkinkan suatu elektron memasuki suatu aras tenaga yang lebih tinggi bila elektron bergerak menuju elektroda positif (Vlack dan Djuprie, 1984). Hal ini tidak mungkin terjadi bila pita tenaga terisi penuh dan suatu sela tenaga terlarang menutupinya.

#### Resistans jenis (*resistivity*)

Resistans jenis adalah nilai resistans logam yang memiliki panjang satu satuan panjang dan luas satu satuan luas. Sedangkan secara mikro resistans jenis dinyatakan dalam persamaan:

$$\rho = (n e \mu)^{-1} \quad (5)$$

dengan  $n$  jumlah muatan pervolume ( $\text{m}^{-3}$ ) dan  $\mu$  mobilitas elektron ( $\text{m}^2/\text{Vs}$ ).

Mobilitas dapat dianggap sebagai kecepatan rerata atau kecepatan gerak pembawa  $\bar{v}$  yang ditimbulkan adanya medan listrik  $\vec{E}$ , dapat dinyatakan sebagai:

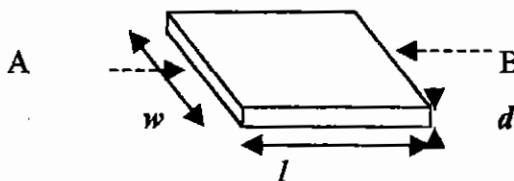
$$\mu = \frac{\bar{v}}{|\vec{E}|} \quad (6)$$

Dalam logam elektron valensi akan bergerak sebagai gelombang berdiri. Tidak akan terjadi pemindahan muatan bila tidak ada medan listrik. Bila logam berada dalam rangkaian listrik, elektron yang bergerak menuju elektroda positif akan memperoleh lebih banyak tenaga dan meningkat kecepatannya. Sebaliknya, elektron yang menuju elektroda negatif akan berkurang tenaga dan kecepatannya (Vlack dan Djuprie, 1984).

Suatu kristal merupakan suatu struktur periodik yang sangat teratur. Gelombang bergerak melalui struktur periodik akan tanpa hambatan. Jadi suatu kisi kristal logam merupakan media yang sangat baik untuk pergerakan elektron. Jika terdapat cacat struktur periodik tersebut dapat membiaskan gelombang. Bila suatu elektron yang bergerak menuju elektroda positif dan dibiaskan, maka elektron tidak akan mengalami peningkatan kecepatan dalam arah tersebut. Efek akhir yang didapat adalah penurunan kecepatan gerak walau tidak ada perubahan medan listrik. Dengan demikian ketidakaturan struktur kisi akan mengurangi mobilitas sehingga akan meningkatkan resistans jenis bahan.

### Resistans lapisan (*sheet resistance*)

Resistans lapisan  $\rho_s$  seperti pada Gambar 3

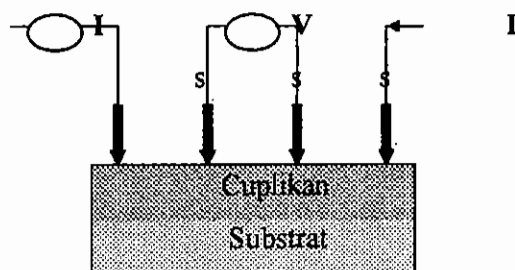


Gambar 3. Resistans antara ujung lapisan

Resistans antara titik A dan B dinyatakan dengan :

$$R_{AB} = \frac{\bar{\rho} l}{wd} \quad (7)$$

dengan  $\bar{\rho}$  resistans jenis rerata lapisan;  $l$  panjang lapisan;  $w$  lebar lapisan; dan  $d$  tebal lapisan.



Gambar 4. Cara pengukuran resistans lapisan

Resistans lapisan diukur dengan menggunakan metode kuar (*probe*) empat (4) titik. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4. Metode pengukuran ini dikembangkan oleh Valdes, Smits, dan Severin (Ryssel and Ruge, 1986).

Untuk arus sejajar permukaan lapisan, resistansnya dinyatakan dengan persamaan:

$$\bar{\rho} = \frac{\pi}{\ln 2} \frac{V}{I} d \quad (8)$$

Persamaan (8) memberikan kesalahan  $\leq 1\%$  untuk perbandingan antara ketebalan dengan jarak kuar ( $d/s$ )  $\leq 0,6$  (Ryssel and Ruge, 1986). Jadi persamaan tersebut dapat digunakan dengan baik jika  $d/s < 0,6$ .

### III. METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: lempeng perak 1 cm x 1 cm, sumber ion besi, resin, katalis resin, ampelas dengan ukuran 350 sampai dengan 2000, pasta intan, dan alkohol.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua perangkat, yakni: perangkat implantasi ion, perangkat sepuh-lindap dan perangkat uji resistans jenis yang terdiri: Kuar (*probe*) empat titik, Amperemeter, Voltmeter.

Penelitian ini dilaksanakan melalui dua tahap, yakni: tahap persiapan, tahap pelaksanaan implantasi, penyepuh-lindapan dan uji resistans jenis

Lempeng perak ukuran 1 cm x 1 cm dipoles sampai benar-benar halus dan dibersihkan.



Cara mengimplantasi ion adalah sebagai berikut: (1) cuplikan dipasang pada cawan Faraday, (2) menghampakan sistem implantor ion dengan menggunakan pompa rotasi dan pompa difusi, sehingga kehampaannya mencapai  $10^{-6}$  mmHg, (3) menghidupkan generator dc terisolasi (0-220 V), (4) Menghidupkan tegangan anoda, magnet kumparan, dan tegangan pemfokus, (5) memasukkan besi ke dalam sumber ion, (6) menghidupkan generator akselerator tegangan tinggi (HV), (7) mengatur beda tegangan akselerator untuk menarik ion-ion dari sumbernya, sesuai yang diinginkan, (8) mengatur besar tegangan anoda, pemfokus dan arus magnet untuk mendapatkan arus ion yang diinginkan yakni sebesar  $8 \mu\text{A}$ , (9) melakukan implantasi dengan memvariasi waktu, yaitu: 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 menit untuk tenaga ion masing-masing 40, 60, 80, dan 100 keV.

Dalam penyepuh-lindap ini, perak yang telah diimplantasi disepuh-lindap pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $300^{\circ}\text{C}$ , dan  $500^{\circ}\text{C}$  yang masing-masing selama 30 menit.

Pengukuran resistansi lapisan menggunakan kuar empat titik yang telah dijelaskan dalam landasan teori. Langkah yang ditempuh sebagai berikut: (1) mengukur kuat arus ( $I$ ) dan beda potensial ( $V$ ), (2) dilakukan untuk cuplikan dengan dosis ion, tenaga dan suhu sepuh-lindap yang berbeda, (3) membuat grafik antara resistas jenis dengan dosis ion, tenaga dan suhu sepuh-lindap.

Analisis data pada penelitian perak yang diimplantasi ion besi ini meliputi: (1) perhitungan: dosis ion ( $D$ ), resistans jenis ( $\rho$ ) dan (2) analisis grafik: resistans jenis ( $\rho$ ) vs dosis ion ( $D$ ) dengan variasi tenaga ion ( $E$ ) dan resistans jenis ( $\rho$ ) vs dosis ion ( $D$ ) dengan variasi suhu sepuh-lindap ( $T_{sl}$ ).

Resistans jenis (resitivitas) dihitung dengan persamaan (8) harga rerata dan ralatnya masing-masing:

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i \text{ dan } \sigma_{\rho} = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2 \right]^{1/2} \quad (9)$$

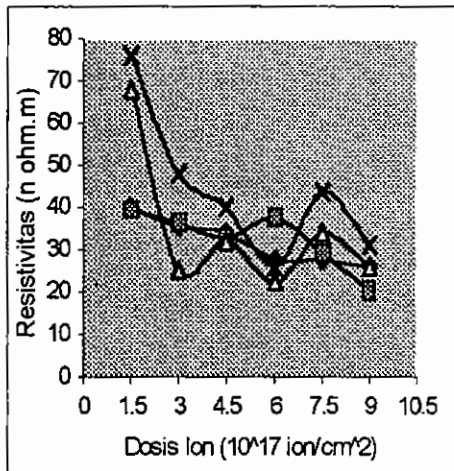
#### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dosis ion implantasi dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Data yang dipergunakan untuk menghitung dosis ion besi adalah : kuat arus ( $I$ ) =  $(8 \pm 0,25) \mu A$ , luas permukaan cuplikan ( $A$ ) =  $(1 \pm 0,014) \text{ cm}^2$ , muatan ion ( $e$ ) =  $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ , variasi waktu ( $t$ ) = 50 menit, 100 menit, 150 menit, 200 menit, 250 menit, dan 300 menit.

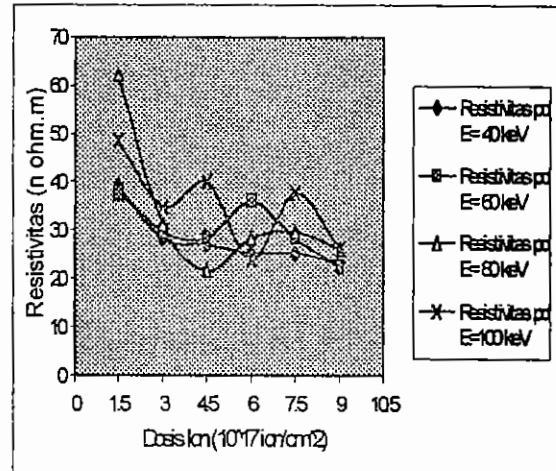
Tenaga ion yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 40 keV, 60 keV, 80 keV, dan 100 keV.

Suhu sepuh-lindap dalam penelitian ini adalah  $100^\circ\text{C}$ ,  $300^\circ\text{C}$ , dan  $500^\circ\text{C}$  dengan waktunya tetap yakni 30 menit.

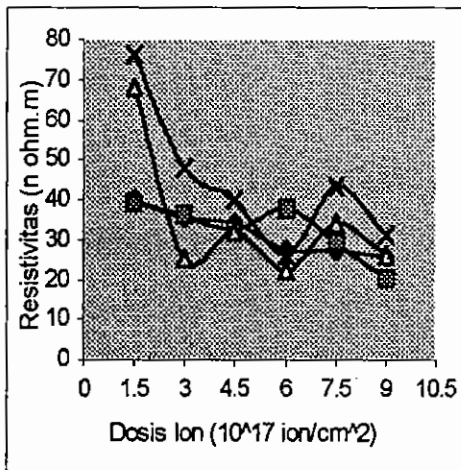
Pengaruh dosis ion dan tenaga terhadap resistans jenis (resistivitas) yang tidak disepuh-lindap dan pada suhu sepuh lindap  $300^\circ\text{C}$  ditampilkan dalam Gambar 5. Dalam Gambar 5 nampak bahwa pengaruh implantasi ion besi pada perak untuk berbagai dosis ion dan tenaga akan cenderung (*trend*) menurunkan resistans jenis. Kenyataan ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Naiknya dosis akan menyebabkan perubahan pita tenaga pertama atau kedua pada pita valensi, yaitu naiknya pita valensi.



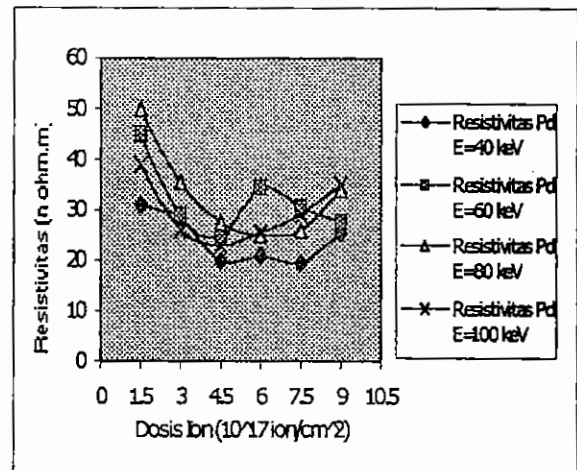
a



b



c



d

Gambar 5. Grafik Hubungan Dosis Ion, Tenaga, dan Suhu Sepuh-lindap terhadap Resistans Jenis

- Untuk Cuplikan yang tidak disepuh-lindap
- Untuk Cuplikan dengan suhu sepuh lindap 100 °C
- Untuk Cuplikan dengan suhu sepuh lindap 300 °C
- Untuk Cuplikan dengan suhu sepuh lindap 500 °C

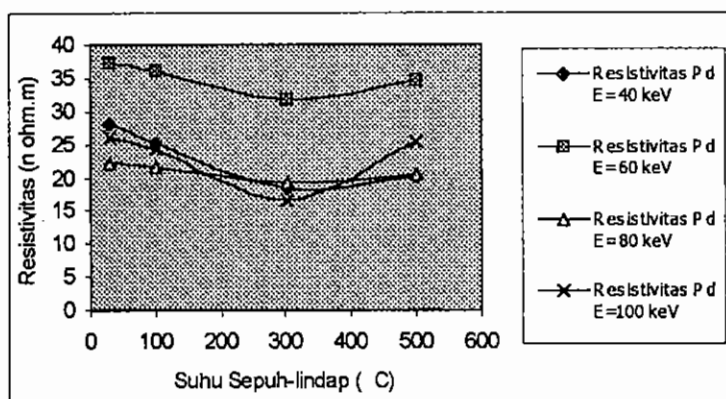
Dengan adanya perubahan pada pita valensi tersebut mengakibatkan resistans jenisnya akan menurun pula.

Pada dosis rendah mulai dari dosis  $1,5 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup> sampai dengan  $4,5 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup> pada tenaga tinggi 80 keV dan 100 keV penurunan resistans jenis cukup tajam, sedang pada tenaga rendah 40 keV dan 60 keV penurunannya cukup kecil. Keadaan ini dapat dijelaskan karena pada kondisi tersebut terjadi cacat-cacat yang berupa pasangan lowongan (*vacancies*) atom-atom sasaran dan sisipan ion-ion besi pada jeluk yang cukup dalam untuk tenaga tinggi. Ini berarti penyebarannya lebih merata dan lebih jarang serta tumpang tindihnya kerusakan tidak sebanyak bila dibandingkan dengan kalau tenaga rendah, sehingga tenaga makin tinggi resistans jenis makin rendah.

Harga optimum yakni resistans jenis minimum pada dosis ion  $6 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup>, namun pada dosis  $7,5 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup> naik dan kemudian turun lagi. Hal ini disebabkan karena pada dosis  $6 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup> keadaan sudah mapan, dengan bertambahnya dosis akan menyebabkan perubahan jumlah ion dopan sehingga keadaan tidak mapan lagi. Keadaan ini jika dosis bertambah lagi akan terjadi penataan kembali sehingga resistans jenisnya kembali turun. Adapun keadaan sebelum dan sesudah disepuh-lindap seperti ditampilkan dalam Gambar 5, mempunyai pola yang sama; hanya resistans jenis yang disepuh-lindap pada suhu 300°C lebih rendah. Keadaan ini akan dijelaskan dengan menggunakan Gambar 6.

Sedangkan hubungan suhu sepuh-lindap, tenaga, dan resistans jenis disajikan pada Gambar 6. Dari grafik tersebut nampak bahwa pada dosis optimum, kenaikan suhu sepuh-lindap akan cenderung menurunkan resistans jenis. Keadaan ini dapat dijelaskan bahwa dengan kenaikan suhu tenaga vibrasional atom-atom semakin besar, pemanasan yang relatif rendah baru terjadi aktivasi sebagian dan pengembalian kerusakan radiasi juga sebagian. Dengan demikian semakin tinggi suhu semakin meluas aktivasi dan semakin baik pengembalian kerusakan radiasi sehingga resistans jenis makin kecil. Namun untuk tenaga 40 keV dan 100 keV resistans jenis terendah pada suhu sepuh-lindap 300°C. Hal ini dikarenakan suhu 300°C berada pada suhu

rekristalisasi, sehingga keadaan ini cukup mapan untuk jumlah ion dopan per volume (konsentrasi) tersebut. Pada suhu 500°C ion dopan tidak sempat menyusun diri dengan karena terlalu pendek dan terlalu dalam jeluk jangkauan ion dopannya yang berarti terlalu kecil dan terlalu besar ion per volumenya, sehingga resistans jenisnya naik.



Gambar 6. Grafik hubungan suhu sepuh-lindap, tenaga, dan resistans jenis pada dosis ion  $6 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup>

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dapat disimpulkan :

1. Peningkatan dosis ion besi pada Ag-Fe hasil implantasi ion cenderung menurunkan resistivitas. Kenaikan suhu sepuh-lindap mula-mula menurunkan resistans jenis, setelah mencapai nilai minimum resistans jenis meningkat dengan kenaikan suhu sepuh-lindap.
2. Ag-Fe pada dosis  $6,0 \times 10^{17}$  ion/cm<sup>2</sup>, tenaga 100 keV, dan suhu sepuh-lindap 300°C memiliki resistans minimum  $(16,7 \pm 3) \times 10^{-9}$  Ω.m. Ag-Fe pada kondisi ini merupakan bahan sensor medan magnet yang baik.

### b. Saran

Mengingat beberapa keterbatasan, karena itu disarankan:

1. Untuk mengetahui karakteristik fisis, bahan sensor medan magnet ini perlu dilakukan pengamatan struktur kristal, distribusi konsentrasi ion besi pada

perak, komposisi kimia dan struktur mikro yang berupa: jumlah butir dan ukuran butir.

2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengukur resistans jenis beberapa tempat pada cuplikan yang lebih luas permukaan untuk mengetahui ukuran bahan sensor yang optimum.

### DAFTAR PUSTAKA

- Dearnaley, G., Freeman, J.H., Nelson, R.S., and Stephen, J. 1973. *Ion Implantation*. North-Holland Publishing Company Inc., New York
- Gregg, J dan Thompson, S. 1994. *New Era in Magnetic*. Electronic World and Wireless World. Reed Bussiness Publishing Ltd, Surrey, UK
- Herman, H. 1981. *Modification of The Surface Mechanical Properties of Ferrous by Ion Implantation*, Proceeding of The 3rd International Conference on Modification of Surface Properties of Metal by Ion Implantation, Pergamon Press.
- Howson, M..A. 1994. *Magnetic of Thin Film and Multilayer: Contemporary Physics*, Vol. 35 no. 5, hal 347-359.
- Ryssel, H and Ruge, I. 1986. *Ion Implantation*. John Willey & Sons, New York
- Sioshansi, P. 1989. *Surface Modification of Industrial Components by Ion Implantation*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B37/38.
- Vlack, V.H.L. dan Djuprie, S. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Erlangga, Surabaya